



T/CECS xxx-202x

中国工程建设标准化协会标准

城市道路地下安全风险应急交通组织技术导则

Technical Guide on Urban Roads Emergency Traffic

Organization for The Risk of Underground Disaster

(征求意见稿)

xxxx 出版社

中国工程建设标准化协会标准

城市道路地下安全风险应急交通组织技术导则

Technical Guide on Urban Roads Emergency Traffic
Organization for The Risk of Underground Disaster

T/CECS xxx-202x

主编单位：中国城市规划设计研究院

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20xx 年 xx 月 xx 日

中国 xx 出版社

20xx 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2022 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2022〕013 号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外相关标准，并广泛征求意见的基础上，编制本导则。

本导则共分为 6 章和 2 个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、一般规定、道路地下风险监测预警、道路通行能力影响评估、道路应急交通组织。

本导则的某些内容可能直接或间接涉及专利，本导则的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本导则由中国工程建设标准化协会归口管理，由中国城市规划设计研究院负责具体内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送至中国城市规划设计研究院（地址：北京市三里河路 9 号；邮编：100037）。

本 导 则 主 编 单 位：中国城市规划设计研究院

本 导 则 参 编 单 位：山东大学

中国石油大学（华东）

公安部交通管理科学研究所

济南市市政设计研究院（集团）有限责任公司

中国中铁四局集团第五工程有限公司

本导则主要起草人员：

本导则主要审查人员：

目 次

1 总则	1
2 术语.....	2
3 基本规定.....	3
4、道路地下风险监测预警	4
4.1 一般规定	4
4.2 地下风险因素调查	4
4.3 地下风险监测要求	5
4.4 地下风险等级评估	5
5 道路通行能力影响评估	7
5.1 一般规定	7
5.2 通行能力评估	7
5.3 交通影响范围界定	8
6、道路应急交通组织	9
6.1 一般规定	9
6.2 风险路段交通组织措施	9
6.3 风险交叉口交通组织措施	10
6.4 周边路网协同交通组织措施	10
附录 A: 地下风险等级评估计算公式.....	12
附录 B: 通行能力折减系数.....	16
本导则用词说明	18
引用标准名录	19
附: 条文说明	20

Contents

1 General Provisions	1
2 Terms	2
3 Basic Requirements	3
4、 Detection of Underground Disasters	4
4.1 General Requirements	4
4.2 Investigation of Risk Factors	4
4.3 Risk Monitoring Requirements	5
4.4 Risk Evaluation of Underground Disasters	5
5 Traffic Impact Analysis	7
5.1 General Requirements	7
5.2 Capacity assessment	7
5.3 Definition of Impact Scope	8
6、 traffic organization measures	9
6.1 General Requirements	9
6.2 Traffic organization measures for road	9
6.3 Traffic organization measures for intersection	10
6.4 Traffic organization measures for network	10
Appendix A: Formula for Risk Evaluation of Underground Disasters.....	12
Appendix B: Capacity reduction factor	16
Explanation of wording in this guide	18
List of quoted standards	19
Addition: Explanation of provision	20

1 总则

1.0.1 为提升我国城市道路应对地下安全风险的反应能力，提高地面道路交通联动组织技术水平，保障道路运行安全和运行效率，制定本导则。

1.0.2 本导则适用于城市道路因地下施工扰动、水文地质变化、地下管线损坏等引发安全风险的监测预警，及应对安全风险的道路应急交通组织。

1.0.3 城市道路地下安全风险应急交通组织应执行预防为主方针，遵循安全优先、兼顾效率的基本原则。

1.0.4 城市道路地下安全风险应急交通组织，除应符合本导则外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 地下安全风险 underground risk

因地下施工扰动、水文地质变化、地下管线损坏等对地面道路正常运行造成不利影响的概率（频率）及其损失的组合。

2.0.2 风险监测 risk detection

采用仪器监测、现场巡查或远程监控等技术和方法，长期连续地采集和收集城市道路路面及地下安全状态的信息并进行分析和反馈的活动。

2.0.3 风险评估 risk assessment

对风险进行界定、辨别和估计，采用定性或定量方法分析风险。

2.0.4 风险等级 risk rating

根据地下安全风险可能造成的破坏程度确定的风险级别。

2.0.5 应急交通组织 emergency traffic organization

在应对地下安全风险过程中，根据国家相关法律法规、政策和标准规范，综合运用交通工程技术，为维护道路交通秩序、保障道路交通安全、提高道路运行效率进行的交通组织工作。

2.0.6 警示区 warning area

位于交通管制区上游，警示前方有交通管制的区域。

2.0.7 终止区 termination area

设置于交通管制区下游调整交通流行驶状态的区域。

3 基本规定

3.0.1 城市道路地下安全风险应急交通组织的目的是在地下发生突发风险可能危及道路运行安全的情况下，对过往车辆、人员进行临时管制和快速疏导，保障人员和车辆安全，尽可能减少风险对路网运行的影响。

3.0.2 应对城市道路地下安全风险分级、分类开展应急交通组织。

3.0.3 城市道路地下安全应急交通组织应遵循如下流程：

- 1 开展地下安全风险监测；
- 2 评估风险等级并明确风险区管控要求；
- 3 分析交通影响程度与范围；
- 4 制定应急交通组织方案并实施。

3.0.4 道路地下安全风险监测系统及道路交通管理系统均应接入城市安全风险综合监测预警平台，形成道路地下安全风险监测预警与地面道路交通组织协同处置机制，提高城市道路安全综合风险管控能力。

3.0.5 城市道路地下安全风险应急交通组织应对道路及地下环境开展常态化监测，及时掌握地下安全风险的属性特征，并及时上报风险信息。

3.0.6 城市道路地下安全风险应急交通组织应实时掌握道路网运行状态，能够根据风险预警信息，及时启动应急交通组织预案，指挥调度应急组织力量快速抵达现场，做好风险区域及周边区域的交通管制与疏导。

4 道路地下风险监测预警

4.1 一般规定

4.1.1 地下风险源探测方法根据监测对象和监测项目的特点、工程监测登记、设计要求、精度要求、场地条件和当地工程经验等综合确定。

4.1.2 高风险区动态监测应符合下列规定：

1 动态监测应建立预警管理制度，包括监测预警等级、预警标准、警情报送对象、时间和方式等。

2 当现场地质情况或施工方法发生变化时，应及时调整动态监测项目和内容。

3 动态监测数据应及时校对和整理，信息传递渠道通畅，反馈及时有效。

4 采用信息化手段进行监控量测数据分析和反馈。

4.2 地下风险因素调查

4.2.1 地下风险源的探测内容应包括风险源的类型、埋深、位置、尺寸、数量、填充物、地下水位以及风险源周围地质状况。

4.2.2 空洞的探测可采用探地雷达法、高密度电阻率法、瞬态面波法、微动勘探法、地震映像法和瞬变电磁法等地球物理方法及钻探、井探、槽探、洞探等。对于空洞应查明其空洞尺寸、位置、规模、富水状态、填充物、地下水位等。

4.2.3 富水砂层可采用探地雷达法、瞬态面波法和微动勘探法探测砂层的埋深、砂层厚度、地层分布等，采用钻探取样、原位测试、室内试验等方法获取砂层含水率、内摩擦角、密度、密实度、颗粒级配等属性。

4.2.4 断层破碎带可采用探地雷达法、瞬态面波法和微动勘探法探测破碎带规模、位置、延展方向、倾向、倾角、贯穿情况、地下水位等，采用钻孔取样的方法获取破碎带岩体的力学性质和裂隙分布情况。

4.2.5 回填土可采用探地雷达法、瞬态面波法和微动勘探法探测回填土分布、厚度等，采用钻孔取样、原位测试等方法获取回填土的物质成分、颗粒级配、均匀

性、密实性、压缩性和湿陷性。

4.2.6 地下管线渗漏可采用探地雷达法、高密度电阻率法、瞬变电磁法等探测地下管线渗漏的位置、影响范围等，并采取钻探等方式探测渗漏管线周围土体的含水率、渗透率等。

4.2.7 地下风险源探测成果的判定应符合现行标准《城市地下病害体综合探测与风险评估技术标准》JGJ/T437 等的相关规定。

4.3 地下风险监测要求

4.3.1 动态监测通常用于观察和测量地质、环境、结构或其它系统的变化。动态监测内容主要由地下监测、地表监测、地上监测三部分组成。

4.3.2 地上监测内容为位移监测，方法主要有三维激光扫描方法、全自动测量机器人方法、卫星遥感方法（光学/电磁波）、合成孔径雷达方法、全球定位系统（GPS）、无人机和航空摄影、水准监测方法、全站仪测量方法等。

4.3.3 地表主要监测内容为应力应变监测，其监测方法主要有电阻式应力应变计、光纤应力应变计、全分布式光纤传感监测、震弦式应力应变计等方法。

4.3.4 地下监测内容为地下水位监测、温度监测、应力监测、位移监测，监测方法主要有地震波监测、电磁检测、温度传感器监测、位移计监测、应变计监测。

4.3.5 多监测内容同步进行时应满足：

- 1 时间协同：确保所有监测活动都是时间同步的，以便在分析时可以相互印证。
- 2 空间协同：地下、地表和地上的监测应在相同或相近的地点进行，以便能够全面理解一个区域的动态。
- 3 参数协同：不同监测方法测量的参数是可以互相验证或互补。

4.4 地下风险等级评估

4.4.1 地下风险等级评估应计算如下内容（计算公式见附录 A）：

- 1 车辆动态交通荷载计算（附录 A.1 节）；

- 2 隧道上覆土压力计算（附录 A.2 节）；
- 3 砂层松动区域宽度及沉降计算（附录 A.3-A.4 节）；
- 5 隧道软弱覆岩稳定性计算（附录 A.5 节）；
- 6 结构层稳定性及挠度计算（附录 A.5-A.6 节）。

4.4.2 风险等级分级：

表 4.4.2 地下风险等级分级

风险等级	风险描述	预测沉降值 (m)
0	$M \leq M_u$ ，地表未坍塌，沉降小	<0.03 或 $<f_{max}$ ($f_{max} < 0.03$)
1	$M \leq M_u$ ，地表未坍塌，沉降大，有坍塌风险	>0.03 且 $<f_{max}$
	$M > M_u$ ，地表塌陷，塌陷范围较小	<0.5
2	$M > M_u$ ，地表塌陷，塌陷范围一般	<3.5
3	$M > M_u$ ，地表塌陷，塌陷范围较大	<6
4	$M > M_u$ ，地表塌陷，塌陷范围重大	≥ 6

4.4.3 道路管控要求：

表 4.4.3 道路管控要求

风险等级	预测沉降值 (m)	道路管控
0	<0.03 或 $<f_{max}$ ($f_{max} < 0.03$)	无
1	>0.03 且 $<f_{max}$	禁止 5t 以上载货车辆通行，禁止大客车、公交车等通行，限速 40km/h
	<0.5	
2	<3.5	禁止 3t 以上车辆通行，限速 20 km/h
3	<6	禁止任何车辆通行
4	≥ 6	禁止任何车辆、行人通行

5 道路通行能力影响评估

5.1 一般规定

5.1.1 根据地下风险区域在地面道路的投影位置,分为路段风险和交叉口风险两种场景;根据受影响区域的道路功能,分为机动车道风险、非机动车道风险、人行道风险。

5.1.2 当风险点位于路段时,应根据风险等级及管控要求评估路段剩余通行能力。

5.1.3 当风险点位于交叉口内时,应识别受影响的进、出口道及流线,根据风险等级及管控要求评估对应交通流向的剩余通行能力。

5.1.4 当风险点位于非机动车道或人行道内时,应根据风险等级及管控要求确定是否允许非机动车、行人通行。

5.2 通行能力评估

5.2.1 根据道路地下安全风险等级判断其对道路通行的影响,可以分为无影响风险、限制通过风险和禁止通过风险三种类型。

1 无影响风险下,通过车辆的类型、荷载不受限制,道路通行能力无折减。

2 限制通过风险下,若某种车型静荷载超出安全阈值,应禁止该类车型通过;其他车型根据其静荷载及安全阈值,测算允许其安全通过的最大速度,若该速度大于路段设计速度,车辆仍可按设计车速通过,若该速度小于路段设计速度,应限制该类车型行驶速度,并根据限速值,评估路段通行能力。

3 禁止通过风险下,须封闭风险区涉及车道,禁止所有车辆通过风险区。

5.2.2 风险路段的剩余通行能力按下式计算:

$$Q=Q_0*F_a*F_l*F_v*F_{HV} \quad (5.2.1)$$

式中:Q——剩余通行能力(pcu/h);

Q_0 ——原始通行能力(pcu/h),取值参见《城市道路工程设计规范(CJJ37-2012)》;

F_a ——车道折减系数，取值可参考附录 B；

F_l ——封闭长度折减系数，取值可参考附录 B；

F_v ——限速折减系数，取值可参考附录 B；

F_{HV} ——大车率折减系数，取值可参考附录 B。

5.3 交通影响范围界定

5.3.1 风险点位于路段时，当路段剩余通行能力满足实际通行需求时，交通影响局限在路段内，仅需对路段采取交通管控措施。

5.3.2 风险点位于路段时，当路段剩余通行能力无法满足实际通行需求时，造成车辆排队溢出路段，应采取路网组织措施疏散交通流，路网交通组织范围须覆盖风险路段上下游及相邻同等级道路围合的区域。

5.3.3 风险点位于交叉口时，当受影响的进出口道及流线的剩余通行能力满足实际通行需求时，仅需对该交叉口采取交通管控措施。

5.3.4 风险点位于交叉口时，当受影响的进出口道及流线的剩余通行能力无法满足实际通行需求时，应采取路网组织措施疏散交通流，路网交通组织范围须覆盖受影响进出口道上下游及相邻同等级道路围合的区域。

6 道路应急交通组织

6.1 一般规定

6.1.1 交通组织原则

- 1 落实风险预警要求，优先保证人员与车辆安全；
- 2 从时间上、空间上使交通流均衡分布；
- 3 尽可能减小风险区域通行能力下降对路网整体运行的影响；
- 4 交通管制和交通诱导相结合；
- 5 应急交通组织应符合现行国家标准《城市道路交通组织技术规范》（GB/T 36670-2018）的有关规定。

6.1.2 交通组织要求

- 1 满足风险路段沿线居民、单位工作人员的基本出行需求；
- 2 优先采取诱导分流等方法，降低风险路段管控对交通的影响；
- 3 风险路段允许通行的车道应满足安全通行的最小宽度要求；
- 4 视情况调整公交线路、站点，临时公交站点应保障乘客安全上下车；
- 5 制定交通应急预案，避免或降低突发事件导致的交通拥堵。

6.2 风险路段交通组织措施

6.2.1 根据风险区域位置及风险等级，明确风险管控区范围和管控要求，并合理设置警示区、交通管制区和终止区。

6.2.2 当风险路段剩余通行能力仍能满足通行需求时，可只在路段内实施交通管制措施。当风险路段剩余通行能力无法满足通行需求时，应采取周边路网协同组织措施。

6.2.3 当风险管控区需车辆限速通过时，应在上游发布前方限速信息，宜设置临时减速设施，在终止区发布解除限速信息。

6.2.4 当风险管控区需限制部分车型通行时，应在上游发布前方车型管控信息，禁止被限制车型驶入风险管控区，在终止区发布解除管控信息。

6.2.5 当风险管控区需对一条或多条车道禁止通行时，应在上游发布前方道路变窄信息，管制区宜采用物理设施隔离，禁止所有车辆驶入交通管控区，在终止区发布解除限制信息。

6.2.6 当风险管控区要求封闭部分步行或非机动车通道时，应在封闭区域周边设立警示牌引导行人、非机动车利用剩余空间通行，可采用人非混行方式组织交通。

6.2.7 当风险管控区要求封闭全部步行或非机动车通道时，应在封闭区域外开设临时通行便道（有条件路段可临时占用部分机动车道），临时通行便道可采用人非混行方式组织交通。

6.2.8 当风险管控区需封闭全部步行或非机动车通道，且封闭区域外无法开设临时通行便道时，应在封闭区域上游地块出入口、交叉口发布绕行路径信息，利用周边道路网组织行人、非机动车绕行。

6.3 风险交叉口交通组织措施

6.3.1 当风险管控区未覆盖交叉口全部进、出口车道时，应维持交通管控区外各进、出口车道正常通行，仅对风险涉及进、出口道采取交通管控措施，降低风险对路网运行的冲击。

6.3.2 当交叉口风险管控区需限速通过时，应风险管控区上游路段发布前方交叉口限速信息，在交叉口实施限速管控。

6.3.3 当交叉口风险管控区需限制部分车型通过时，应在风险管控区上游交叉口发布前方车型限制和绕行路径信息，在适当位置设置调头区域，组织受限车辆驶离，禁止被限制车型驶入风险管控区。

6.3.4 当交叉口风险管控区禁止车辆通过时，应在风险管制区设置物理隔离，禁止所有车辆、行人进入，在风险管控区上游交叉口发布前方路口封闭及绕行路径信息，在适当位置设置调头区域，组织受限车辆驶离。其余进口道不能满足部分转向时，应在上游路段设置限制转向标志。

6.4 周边路网协同交通组织措施

6.4.1 当风险位于交叉口或风险路段剩余通行能力不能满足实际通行需求时，应采用路网协同交通组织措施。

6.4.2 周边路网协同交通组织,主要原则是控制进入风险路段或交叉口的车辆数,快速疏散车辆,做到“慢进快出”,避免车辆聚集在风险区域。

6.4.3 周边路网协同交通组织应先识别影响区域大小,确定主要控制性节点,进行边界控制,其次要对主要通道进行协调控制,保障区域通行能力,最后要实时监测风险管控区的运行状况,动态调整管控策略。

6.4.4 区域路网协同交通组织措施主要包括单行交通组织、反向交通组织、区域信号协调控制、动态交通诱导等,可根据风险影响区域路网实际情况灵活选择。

附录 A：地下风险等级评估计算公式

A.0.1 车辆动态交通荷载通过下式 (A.0.1-1) 计算：

$$F(t) = p + q\sin(\omega t) \quad (\text{A.0.1-1})$$

式中： p 是车辆静载； q 是车辆振动荷载幅值，取 $q=Ma\omega^2$ ； M 是车辆簧下荷载； a 是路面几何不平度，反映了路况，取 $a=2mm$ (国际高速公路平整度指数)； ω 是振动圆频率， $\omega=2\pi v/l$ ， v 是车速； l 是路面几何曲线波长，取车身长度。

为简化计算，对车辆动态交通荷载峰值进行等效土柱高度换算：

$$h_0 = \frac{NF_{max}}{\gamma BL} \quad (\text{A.0.1-2})$$

式中： h_0 是等效土柱高度； N 是横向分布车辆数，单车道 $N=1$ ，双车道 $N=2$ ，多车道按实际布置； F_{max} 是动态交通荷载峰值； γ 是土的重度； B 是横向分布车道宽度； L 是汽车前后轮胎距离。

A.0.2 地下洞状构筑物上覆土压力通过下式 (A.0.2) 计算：

$$\sigma_v = \frac{\gamma b - c}{K \tan \varphi} (1 - e^{-K \tan \varphi \frac{h}{b}}) + q e^{-K \tan \varphi \frac{h}{b}} \quad (\text{A.0.2})$$

式中： γ 是土的重度； b 是滑动土柱宽度的一半； c, φ 分别是土的黏聚力和内摩擦角，对于砂土 $c=0$ ； K 是侧压力系数； h 是上覆土层厚度； q 是地面分布超载，取车辆荷载。

A.0.3 基于重力流椭球理论确定砂层松动区域：

$$\frac{x^2}{b_G^2} + \frac{(z-a_G)^2}{a_G^2} = 1 \quad (\text{A.0.3-1})$$

式中： a_G, b_G 分别是极限椭圆长轴和短轴。

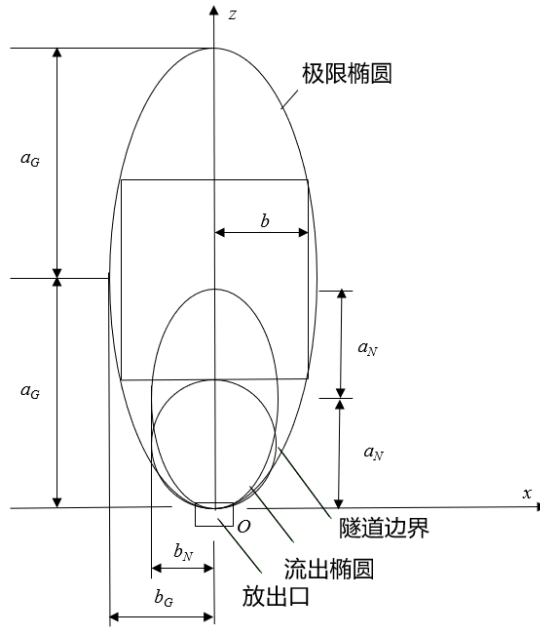


图 B.1 重力流椭球体理论

偏心率:

$$\varepsilon = \frac{1}{a_G} (a_G^2 - b_G^2)^{1/2} \quad (\text{A.0.3-2})$$

松动系数:

$$\beta = \frac{e_{max} + 1}{e_{max} - D_r(e_{max} - e_{min}) + 1} \quad (\text{A.0.3-3})$$

式中: e_{max} 、 e_{min} 分别为土体最大、最小孔隙比, D_r 为土的相对密实度。

假定放出椭圆与隧道面积相同 $S = \pi a_N b_N$, 且放出椭圆与极限椭圆偏心率一致。则联立式 (A.0.3-1) - (A.0.3-3):

$$a_G = \left(\frac{\beta S}{\pi(\beta-1)} \right)^{1/2} (1-\varepsilon^2)^{-1/4} \quad (\text{A.0.3-3})$$

$$b_G = \left(\frac{\beta S}{\pi(\beta-1)} \right)^{1/2} (1-\varepsilon^2)^{1/4} \quad (\text{A.0.3-4})$$

将 $z=D_{\text{隧道}}$ 代入式 (A.0.3-2):

$$b = \frac{b_G}{a_G} \left(\sqrt{a_G^2 - (D_{\text{隧道}} - a_G)^2} \right) \quad (\text{A.0.3-5})$$

式中: $D_{\text{隧道}}$ 是隧道高度。

将: $z=H_{\text{隧道}}$ 代入可得砂层沉降槽宽度 w :

$$w = 2 \frac{b_G}{a_G} \left(\sqrt{a_G^2 - (H_{\text{隧道}} - a_G)^2} \right) \quad (\text{A.0.3-6})$$

式中： $H_{\text{隧道}}$ 是隧道底部与砂层顶部的距离。

A.0.4 砂层沉降曲线：

$$S_v = S_{vmax} e^{\left(-\frac{x^2}{2x_i^2}\right)} \quad (\text{A.0.4-1})$$

$$S_{vmax} = \frac{V_S}{\sqrt{2\pi}x_i} \quad (\text{A.0.4-2})$$

$$w = 2\sqrt{2\pi}x_i \quad (\text{A.0.4-3})$$

式中： S_v 是土体沉降曲线， S_{vmax} 土体最大沉降量， V_S 单位长度损失土体的体积 $V_S = \frac{V_l \pi D^2}{4}$ ， V_l 取 1%， x_i 为沉降曲线反弯点到隧道中心的水平距离， w 为沉降槽宽度。

将式 (A.0.3-5) - (A.0.4-2) 联立可得：

$$S_{Vmax} = \frac{\pi D^2 V_l a_G}{4b_G(\sqrt{a_G^2 - (H - a_G)^2})} \quad (\text{A.0.4-4})$$

$$x_i = \frac{b_G}{\sqrt{2\pi}a_G} (\sqrt{a_G^2 - (H - a_G)^2}) \quad (\text{A.0.4-5})$$

各参数物理意义同前。

A.0.5 隧道软弱覆岩及结构层失稳判据：

将上覆软弱围岩和结构层采取梁板理论计算。

$$M_u = \frac{\sigma_t \sigma_c h^2}{2(\sigma_t + \sigma_c)} \quad (\text{A.0.5-1})$$

$$M \leq M_u \quad (\text{A.0.5-2})$$

式中： M_u 是极限弯矩， σ_t 为抗拉强度， σ_c 抗压强度， h 为土层或覆岩的厚度。

软弱覆岩跨度为隧道洞径 D ，厚度 h 取上覆围岩薄弱处厚度，在车辆荷载、自重及上覆土层作用下：

$$M = \frac{1}{8} q D^2 = \frac{1}{8} \sigma_v D^2 \quad (\text{A.0.5-3})$$

式中： q 是土压力， D 为覆岩跨度，取隧道洞径宽度。

结构层跨度为沉降槽宽度 w ，在车载及自重作用下：

$$M = \frac{1}{8} q w^2 = \frac{1}{8} (\gamma \sum h_i) w^2 \quad (\text{A.0.5-4})$$

式中： q 是土压力， γ 为土层重度， h_i （含当量土柱高度 h_0 ）为土层厚度， w 为沉降槽宽度。

A.0.6 结构层挠度：当结构层 $M \leq M_u$ 时的最大挠度

$$f_{max} = \frac{5qw^4}{384EI} = \frac{5(\gamma \sum h_i)w^4}{384EI} \quad (\text{A.0.6})$$

式中： q 是土压力， EI 为弯曲刚度， γ 为土层重度， h_i （含当量土柱高度 h_0 ）为土层厚度， w 为沉降槽宽度。

附录 B: 通行能力折减系数

B.0.1 封闭车道时, 该道路通行能力的车道折减系数 F_a 可参考表 B.0.1;

表 B.0.1 道路通行能力的车道折减系数 F_a 参考值

原路段条件	路段管控情景	车道折减系数
单向双车道	封闭一条车道	0.481
	封闭两条车道	0
单向三车道	封闭左侧一条车道	0.665
	封闭中间一条车道	0.517
	封闭右侧一条车道	0.667
	封闭左侧两条车道	0.317
	封闭右侧两条车道	0.317
	封闭三条车道	0
单向四车道	封闭左侧第一条车道	0.844
	封闭左侧第二条车道	0.571
	封闭左侧第三条车道	0.588
	封闭左侧第四条车道	0.842
	封闭左侧两条车道	0.519
	封闭中间两条车道	0.411
	封闭右侧两条车道	0.515
	封闭三条车道	0.257
	封闭四条车道	0

B.0.2 封闭车道时, 该道路通行能力的封闭长度折减系数 F_l 可参考表 B.0.2。

表 B.0.2 道路通行能力的封闭长度折减系数 F_l 参考值

封闭车道长度 (m)	30	40	50	60	70	80	90	100	110
折减系数	1.000	0.998	0.996	0.994	0.993	0.991	0.988	0.987	0.987
封闭车道长度 (m)	120	130	140	150	160	170	180	190	200
折减系数	0.987	0.986	0.986	0.986	0.985	0.985	0.985	0.984	0.984

B.0.3 限制车速时, 该道路通行能力的限速折减系数 F_v 可参考表 B.0.3;

表 B.0.3 道路通行能力的限速折减系数 F_v 参考值

车道情况		20km/h	30km/h	40km/h	50km/h
双车道	1 条车道限速时 通行能力折减系数	0.821	0.901	0.933	0.992
	2 条车道限速时 通行能力折减系数	0.631	0.818	0.920	0.984

三车道	1 条车道限速时 通行能力折减系数	0.868	0.974	0.979	0.998
	2 条车道限速时 通行能力折减系数	0.747	0.912	0.978	0.982
	3 条车道限速时 通行能力折减系数	0.637	0.816	0.947	0.976
四车道	1 条车道限速时 通行能力折减系数	0.779	0.877	0.943	0.979
	2 条车道限速时 通行能力折减系数	0.666	0.801	0.901	0.972
	3 条车道限速时 通行能力折减系数	0.577	0.750	0.862	0.953
	4 条车道限速时 通行能力折减系数	0.561	0.741	0.859	0.948

B.0.4 道路通行能力的大车率折减系数 F_{HV} 可参考表 B.0.4:

表 B.0.4 道路通行能力的大车率折减系数 F_{HV} 参考值

大车率	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%
折减系数	1	0.97	0.93	0.92	0.90	0.88	0.86	0.84

本导则用词说明

为便于在执行本导则条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

引用标准名录

- 1 《城市安全风险综合监测预警平台建设指南（2023版）》安委办函〔2023〕145号
- 2 《城市道路交通组织设计规范》GB/T 36670—2018
- 3 《城市地下病害体综合探测与风险评估技术标准》JGJT437-2018
- 4 《城市道路施工作业交通组织规范》GA/T 900—2010

附：条文说明

中国工程建设标准化协会标准

城市道路地下安全风险应急交通组织技术导则

T/CECS xxx-202x

条文说明

制定说明

本导则制定过程中，编制组针对城市道路地下安全风险监测评估和道路应急交通组织，进行了广泛深入的调查研究，总结了我国地下风险监测和应急交通组织领域的实践经验，同时参考了国内外相关技术标准（如《城市道路交通组织设计规范》GB/T 36670—2018、《城市地下病害体综合探测与风险评估技术标准》JGJT437-2018、《城市道路施工作业交通组织规范》GA/T 900—2010 等）。此外，本导则还广泛征求了科研院所、施工单位、管养单位等不同单位的意见，在充分吸收和采纳各方意见的基础上，通过反复讨论、修改和完善，最终编制完成。

为便于广大技术和管理人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。

本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总则	23
2 术语.....	24
3 基本规定.....	25
4、道路地下风险监测预警	26
4.1 一般规定	26
4.2 地下风险因素调查	26
4.3 地下风险监测要求	26
4.4 地下风险等级评估	26
5 道路通行能力影响评估	28
5.1 一般规定	28
5.2 通行能力评估	29
5.3 交通影响范围界定	29
6、道路应急交通组织	31
6.1 一般规定	31
6.2 风险路段交通组织措施	31
6.3 风险交叉口交通组织措施	32
6.4 周边路网协同交通组织措施	32

1 总则

1.0.2 目前，根据城市道路地下风险的发生发展情况，考虑地铁、管线等地下空间施工、运行的影响深度，确定 30m 深度监测范围。30m 以内的地下风险容易在短期内对地面产生危害，是本导则的关注范围，而深度大于 30m 的安全风险不属于本导则适用范围。

1.0.4 城镇道路地下风险监测与应急交通组织工作是道路运行维护的重要组成部分，是保障城市公共安全的重要措施。在工作实施中，涉及设计、施工、管理、养护、交通管理等相关行业。因此，地下安全风险监测和道路应急交通组织方面除遵守本导则外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语

本术语中主要列入了与地下安全风险监测和道路应急组织相关的术语，风险监测、风险评估、风险等级、应急交通组织等术语主要参考了相关国家标准及其他相关资料。经编制组讨论、分析、归纳和整理，相关术语编入本导则中。本导则术语给出了推荐性英文术语以供参考。

3 基本规定

3.0.2 城市道路地下安全风险可能造成的破坏程度不同、风险路段的道路等级不同、交通运行状况不同，地下安全风险对路网交通运行的影响也存在差异，应该基于风险等级和风险场景，分级、分类开展应急交通组织。

3.0.3 开展道路地下安全风险应急交通组织的前提是能够及时监测和识别到地下的安全风险，并根据监测信息准确评估风险等级和风险区的管控要求。本导则的编制目的是在保证车辆、人员安全的基础上尽可能减小风险对路网的影响，所以在风险路段并不能直接采取封闭道路的简单应对，需要分析风险区采取管控措施后对路段及周边路网的影响程度，并在此基础上制定更具针对性的应急交通组织方案。

3.0.4 国务院安委会办公室印发《城市安全风险综合监测预警平台建设指南（2023版）》（安委办函〔2023〕145号）针对城市风险监测、分析预警、联动处置和工作机制等方面做出了明确要求，道路地下安全风险监测系统和道路交通管理系统均为上述平台的子系统，联动处置的工作机制是提高风险防控能力和顺利开展应急交通组织的重要保障。

3.0.5 城市道路地下安全风险是严重影响市民出行的安全隐患，需要结合既有的岩土工程、市政设施、水文气象、地下工程等资料，选择合理的技术方法，对道路及地下环境开展常态化监测，及时掌握地下安全风险的属性特征，评估其危害程度、危害范围，明确风险范围内的道路通行要求，并及时上报风险信息。

3.0.6 不同区位、不同等级道路、不同时段交通流量特征存在差异，需要对道路开展连续流量观测，实施掌握道路不同时段交通需求和运行状态，作为准确评估风险对路网的影响及制定应急交通组织方案的重要数据支撑。

4、道路地下风险监测预警

4.1 一般规定

4.1.1 在地下风险源探测中，由于其环境的复杂性，各类地球物理方法均存在优势和不足，探测深度和精度也都不相同，在选择探测方法时，需要综合考虑探测目标的深度、探测环境特性和探测精度要求，选择合理的地球物理方法。

4.1.2 本条规定了动态监测体系的内容及要求。

4.2 地下风险因素调查

4.2.2 本条规定了空洞可采用的探测方法及需要探测的内容。

4.2.3 本条规定了富水砂层可采用的探测方法及需要探测的内容。

4.2.4 本条规定了断层破碎带可采用的探测方法及需要探测的内容。

4.2.5 本条规定了回填土可采用的探测方法及需要探测的内容。

4.2.6 本条规定了地下管线渗漏可采用的探测方法及需要探测的内容。

4.3 地下风险监测要求

4.3.1 本条规定了城市道路地下空间安全风险动态监测的内容。城市地下风险源的形成和发展具有一定的随机性和动态变化，因此在对地下风险进行监测时，需要及时全面，从地上监测、地下监测、地表监测三方面进行。

4.3.2 本条规定了地上监测的内容和监测方法。

4.3.3 本条规定了地表监测的内容和监测方法。

4.3.4 本条规定了地下监测的内容和监测方法。

4.3.5 多监测内容同步进行时，需要保证监测内容在时间和空间上的同步，同时监测参数能够相互验证，以保证监测的准确性。例如，如果地下监测观测到地表移动，地表应力应变监测应该能够对这一现象给出独立的数据。

4.4 地下风险等级评估

4.4.1 本条规定了地下风险等级评估的计算内容。通过计算隧道上覆土压力，判断隧道软弱覆岩的稳定性；计算判断覆岩失稳后砂层的沉降范围和深度，判断结

构层在车辆动态荷载作用下的稳定性，得到地表是否塌陷的判据。

4.4.2 本条规定了地下风险等级。根据地表沉降值进行划分，沉降值小于 0.03 米或小于结构层最大挠度值时，地表无风险；沉降值大于 0.03 米、小于结构层最大挠度，或者沉降值小于 0.5 米时，风险等级 1 级，此时地表可能塌陷或塌陷影响范围小；沉降值小于 3.5 米时，风险等级 2 级，此时地表塌陷影响范围一般；沉降值小于 6 米时，风险等级 3 级，地表塌陷影响范围较大；沉降值大于 6 米时，风险等级 4 级，地表塌陷影响范围大。

4.4.3 本条规定了对应地下风险等级的道路管控措施。根据地下风险等级，采取限速、限行等措施对道路通行的车辆和行人进行管控。

5 道路通行能力影响评估

5.1 一般规定

5.1.1 根据地下风险区域在地面道路的投影位置，可以分为风险点位于路段和风险点位于交叉口两种场景；根据道路影响区的功能，可以分为机动车道风险、非机动车道风险、人行道风险三种类型：

1 当风险在地面的投影集中于路段某条机动车车道内时，仅对该车道的行车交通产生影响，称为单车道风险；当风险在地面的投影跨越多条机动车车道时，对所涉及车道的行车交通产生影响，称为多车道风险。单车道风险和多车道风险均需评估机动车通行的安全阈值及路段通行能力折减。

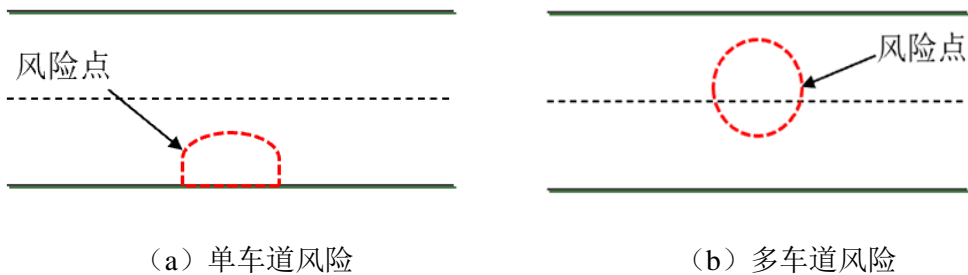


图 5.1.1-1 风险位于路段下方意图

2 当风险点在地面投影位于交叉口范围内，对经过该区域的交通流会产生不利影响，应精准识别、合理评估交叉口内不同流向的通行安全阈值及通行能力折减。

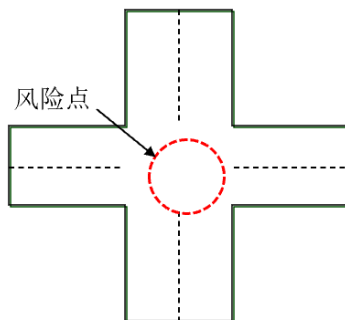


图 5.1.1-2 风险点处于交叉口下方示意图

3 当风险点在地面的投影位于非机动车道内时，可能对非机动车正常通行造成影响，称为非机动车道风险；当风险点在地面的投影位于人行道内时，

可能对行人正常通行造成影响，称为人行道风险。非机动车道风险和人行道风险需评估非机动车、行人通行的安全阈值。

5.2 通行能力评估

5.2.1 地下空间风险容易引发路面形变或者道路塌陷，需要根据不同等级风险的危害程度，对地面道路采取相应的管控措施，避免因地面载荷的扰动引发风险升级或者灾变，最大限度保障地上地下的人员、车辆和设施的安全。

5.2.2 风险区交通管控措施主要包括限速通行和禁止通行，其中禁止通行又分为禁止所有车辆和人员通行和禁止部分车辆通行。采取上述管控措施以后，必然会对道路通行能力产生影响，需要科学评估地下空间风险给地面道路造成的通行能力损失，导则编制过程中基于交通模拟仿真软件，建立了不同风险场景下地面道路通行能力评估技术方法，并结合我国驾驶员在跟车行为、变道行为等方面与国外的差异，对相应模式参数取值进行了优化调整，使仿真结果更加接近我国城市现实交通运行情况，并给出了不同场景下道路通行能力折减参考系数，方便交通管理部门选用。

5.3 交通影响范围界定

5.3.1 根据道路路段或交叉口受影响的进出口道及流线的原始通行能力 Q_0 、风险条件下的剩余通行能力 Q 以及实际通行需求 Q_i 之间的相互关系，可以将道路地下安全风险对路网的影响划分为无影响风险、路段/交叉口影响风险和路网影响风险三种类型。

1 当道路地下安全风险条件下，仍能满足所有车型（原路段允许通行的车型）按设计车速安全通过，则风险对路网运行无影响风险。

2 当道路地下安全风险条件下，限制车辆通行速度或者封闭部分车道，造成路段通行能力折减，但剩余通行能力 Q 仍能满足通行需求 Q_i 时，对路网的影响仅局限在路段内，称为路段影响风险，仅需对路段采取管控措施。

3 当道路地下安全风险需要禁止某种车型通过，或者剩余通行能力 Q 无法满足通行需求 Q_i 时，造成车辆排队溢出路段，称为路网影响风险，需要评估其路

网影响范围，并采取路网组织措施疏解交通流。

表 5.3.1-1 地下施工对地面交通的影响情况

评估标准	影响类型	状态描述
$Q_0 = Q > Q_t$	无影响	通行能力无折减，大于通行需求
$Q_0 > Q > Q_t$	路段影响	通行能力部分折减，仍大于通行需求
$Q < Q_0$ 且 $Q < Q_t$	路网影响	通行能力部分折减，无法满足通行需求

注：Q 为剩余通行能力（pcu/h）； Q_0 为原始通行能力（pcu/h），取值参见《城市道路工程设计规范（CJJ37-2012）》； Q_t 为实际通行需求（pcu/h），基于路段该时段历史观测流量均值确定。

4 路网影响风险根据管控类型和所处道路等级，其风险范围划定可参见下表：

表 5.3.1-2 不同风险路网影响范围

受影响路段或交叉口进出口道等级	限制车型	通行能力不足
快速路	上下游及相邻可通行该车型的道路围合区	风险点上下游及相邻快速路围合的区域
主干路	上下游及相邻可通行该车型的道路围合区	风险点上下游及相邻主干路或以上道路围合的区域
次干路	上下游及相邻可通行该车型的道路围合区	风险点上下游及相邻次干路或以上道路围合的区域
支路	上下游及相邻可通行该车型的道路围合区	风险点上下游及相邻次支路或以上道路围合的区域

6 道路应急交通组织

6.1 一般规定

6.1.1 城市道路地下安全风险应急交通组织以保证人员和车辆安全为第一目的，在此基础上通过交通管制、交通诱导等应急交通组织措施尽可能减小风险对于整体路网运行的影响，过程中所采取的应急交通组织措施应符合现行国家标准《城市道路交通组织技术规范》（GB/T 36670-2018）的有关规定。

6.1.2 城市道路地下安全风险应急交通组织除保障通过人员和车辆以外，还需要考虑风险路段沿线的居民、单位工作人员的出行需求以及公交车的通过和停站需求等。相关部门应制定应对地下安全风险的交通应急预案，以提高应急交通组织能力和组织效率，

6.2 风险路段交通组织措施

6.2.1 风险路段警示区、交通管制区和终止区的设置要求可参考现行国家行业标准《城市道路施工作业交通组织规范》（GA/T 900—2010）。

6.2.2 应急交通组织需要基于地下安全风险等级，明确其影响的车道数量，利用第5章方法评估风险路段剩余通行能力，对比该路段的历史交通流量，判断风险路段能否满足运行需求，如风险区采取交通管控措施后剩余通行能力仍然大于通行需求，仅需在风险区采取管控措施，并在上下游做好信息发布和诱导，提示前方道路存在风险。

6.2.3 限速管理是指车辆可以行驶通过此区域，但必须遵循指定速度。在风险管控区应派人员在现场管理，避免因车辆超速行驶引发安全事故。在上游发布前方路段限速信息，可对比风险管控区允许通过的限定车速 V_1 和原道路的设计车速 V_2 ，当限定车速和设计车速差距较大时，宜按照速度差进行多级预告，具体如下：

1 若两者速度差在 20km/h 以内，则进行一级预告，在风险区域位置设置限速为 V_1 的禁令标志，在上游减速距离（减速距离按照两者速度差和道路摩擦系数确定）处设置一处预告限速为 V_1 的禁令标志；

2 若两者速度差在 20-40km/h 以内，则进行二级预告，在一级预告的基础上，再增加一级，在上游减速距离处设置一处限速为 $V_1+20\text{km/h}$ 的禁令标志，同

理当速度差更大时，采取更多级的预告。

6.2.4 限制车型管理是指受影响区域的道路仍可通行，但仅允许指定车型，其他车型禁止驶入。针对地下安全风险背景下，限制车型通常是指允许指定重量以下的小型汽车正常行驶，超过改重量的客车、货车禁止驶入风险区。

6.2.5 当风险路段需封闭部分车道、其他车辆仍然可以通行的背景下，为避免通过车辆误入风险区引发安全事故，应采用锥桶、隔离栏、警戒线等设施进行物理隔离。

6.3 风险交叉口交通组织措施

6.3.1 城市道路交叉口是衔接多方向道路的重要节点，交叉口下方监测到安全风险时，如对其进行简单封闭，会对路网产生较大冲击。所以应基于监测信息，准确识别交叉口需要采取管控措施的范围和要求，维持风险管控区外各进、出口车道正常通行，开展更加精细化的应急交通组织、最大化维持路网运行。

6.3.2 交叉口限速管控组织措施可参考路段。

6.3.3 当交叉口风险管控区需限制部分车型通过时，所影响的上游路段内的受限车辆将无法通过交叉口，需要在上游交叉口发布预警和诱导信息，避免受限车辆继续驶入该路段。如路段内尚有受限车辆，则需要在路段内合适位置设置掉头区域，组织滞留车辆驶离该路段。

6.3.4 当交叉口风险管控区禁止车辆通过时，所影响的上游路段内的所有车辆将无法通过交叉口，需要在上游交叉口发布预警和诱导信息，避免车辆继续驶入该路段。如路段内尚有滞留车辆，则需要在路段内合适位置设置掉头区域，组织滞留车辆驶离该路段。

6.4 周边路网协同交通组织措施

6.4.1 当风险位于交叉口或路段剩余通行能力小于通行需求时，涉及路段内排队车辆会逐渐增多并溢出，进而影响到上游交叉口和路段，必须通过周边路网协同组织，引导过往车辆绕行其他路段，实现区域路网均衡分布。

6.4.2 风险路段因临时管控措施，道路运行效率明显下降，切容易发生交通事故，

该区域路网运行存在明显不确定性，周边路网协同组织的原则是“慢进快出”，控制进入风险路段的交通量，避免车辆在风险区域挤压排队。

6.4.3 道路交通流量在不同时段可能存在差异，风险路段及周边路网在开展应急交通组织过程中交通运行特征也可能发生变化。为提高道路运行效率，宜实时监测风险区域的交通运行状况，以便及时优化和调整应急交通组织措施。

6.4.4 道路地下安全风险造成的影响程度不同、风险区周边的道路网条件不同，难以制定标准化的路网协同交通组织方案适应多有场景。应结合实际情况，选择的更具针对性和可操作性的应急交通组织措施，充分发挥周边路网的承载能力。